

М.С.Маруня, Е.П.Набережная,
Ю.Н.Зотов, А.В.Нагибин

Свердловский инженерно-
педагогический институт

Методическое обеспечение синтеза и исследования ВТСП-керамик и пленок

Одной из основных задач инженерно-педагогического вуза является задача формирования политехнических знаний студентов на должном научно-методическом уровне. В процессе подготовки молодого специалиста высшая школа всегда уделяла достаточно внимания индивидуальному обучению. Максимально реализовать этот принцип позволяет научно-исследовательская работа студентов. Политехническое обучение будущих инженеров-педагогов предполагает углубление их знаний о перспективных отраслях народного хозяйства и современного производства. Кроме того, педагогические наблюдения показывают, что учителя (мастера производственного обучения), владеющие не только обобщенными политехническими знаниями, но и одной из областей современной техники и производства, более успешно осуществляют процесс обучения. Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) дает возможность подбирать индивидуальные задания, учитывающие психологические особенности и склад мышления студентов: одни из них склонны к теоретическим работам (обзор литературы, обработка и обобщение экспериментальных данных, программное обеспечение ЭВМ и др.), другие – к практическим (совершенствование приборов, методик, режимов проведения экспериментов и т.д. [1]).

НИРС проводится во внеаудиторное время по научной тематике кафедры, что дает возможность работать со студентом-специалисту в данной области достаточное количество времени. Чаще всего такая работа имеет узкоцелевое назначение и охватывает небольшое количество студентов. Чрезвычайно важно при постановке НИРС учитывать профессиональную специфику, т.е. нацеливать студента на такую исследовательскую работу, которая была бы на с его будущей деятельностью [2].

В процессе научно-исследовательской работы на кафедре общей физики СИПИ, где студенты получают основную часть фундаментальных и прикладных знаний по предмету, в первую очередь обращается внимание на развитие обобщенных умений и навыков:

- умение работать с литературой, составлять рефераты;
- умение конструировать, проектировать и изготавливать приборы, лабораторные установки и наглядные пособия;
- настройка и совершенствование технических средств обучения;
- навыки работы с электронно-вычислительной техникой;
- умение анализировать и обобщать научные данные и т.д.

Положительным является то, что в процессе НИРС студент может заняться конкретным научным творчеством, проверить свои способности и выбрать дело в соответствии со своими интересами, получив при этом конкретные умения и навыки.

Рассмотрим более подробно конкретную научно-исследовательскую работу, выполненную на кафедре в 1990 году студентами электроэнергетического факультета Ю.Н.Зотовым и А.В.Нагибиным.

Открытие Мюллером и Беднорцем [3] высокотемпературной сверхпроводимости в системе La-Ba-Cu-O вызвало огромный интерес многих групп исследователей физических и химических свойств ВТСП. Их основные усилия направлены на синтез новых соединений, имеющих высокую температуру перехода в сверхпроводящее состояние и отвечающих требованиям современных технологий, а также на разработку и усовершенствование методик синтеза уже известных ВТСП. В данной работе изложены результаты создания методических разработок, обеспечивающих тонкий регулируемый синтез ВТСП - керамики и пленок на их основе, а также изучение их вольт-амперных характеристик и зависимости критического тока от температуры.

Студенты Ю.Н.Зотов и А.В.Нагибин приступили к работе в начальной стадии. Прежде всего состоялось обсуждение вопросов, связанных с явлением сверхпроводимости, физическими и химическими свойствами ВТСП, их синтезом, отличительными особенностями физики тонких пленок. Затем была поставлена задача создания электронного развешивающего устройства (ЭРВ) температуры для обеспечения синтеза новых ВТСП-керамики и пленок на их основе.

Развешивающие устройства линейного подъема или снижения температуры находят широкое применение в различных приборах и установках физико-химических исследований. Ранее такие схемы строились зачастую на основе электромеханических систем, включающих множество механических узлов, что делало их ненадежными и негибкими в управлении [4]. Синтез новых ВТСП требует длительных отжига с линейным изменением температуры на отдельных этапах отжига. Таким образом, всталла задача создания устройства,

которое можно было бы использовать вместе с другими промышленными приборами для получения линейного регулирования температуры с разными скоростями. Такое устройство было создано в процессе работы. Его структурная схема приведена на рис.1.

Основой его создания послужило то, что линейное изменение напряжения (с мерным шагом квантования) получается на выходе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) при линейном увеличении во времени цифрового кода на его входах. ЭРУ работает следующим образом: частота задающего генератора поступает в устройство управления скоростью развертки, представляющее собой программируемый делитель частоты генератора, а затем - в блок выбора программ. Этот блок позволяет при необходимости останавливать развертку "счет-стоп" и управляет напряжением развертки "нагрев-охлаждение". Затем импульсы поступают на два счетчика: десятичный, управляющий цифровым индикатором, и двоичный, управляющий цифро-аналоговым преобразователем. Напряжение с выхода ЦАПа поступает через ограничитель развертки на преобразователь напряжение-ток. Выходной ток преобразователя проходит через низкоомное сопротивление ($0,1 \text{ Ом}$) и создает на нем падение напряжения, которое и является выходным напряжением ЭРУ. Напряжение с преобразователя включается встречно с ЭДС термопары и поступает на колодку холодных спаев прецизионного регулятора температуры ВРТ-3, на задатчике которого устанавливаются нулевые значения с тем, чтобы он поддерживал нулевую разницу в сигналах между ЭДС термопары и задаваемым значением напряжения от ЭРУ. Управляющий сигнал поступает на тиристорный усилитель мощности, с которого плавно разворачиваемый ток от нуля до максимума поступает в цепь нагревателя электропечи. Температура процесса регистрируется цифровым прибором и измерительной термопарой.

В процессе работы был изготовлен блок развертки температуры, имеющий следующие технические данные:

- обеспечение контролируемых скоростей нагрева и охлаждения в диапазоне $0,1 + 50 \text{ К/мин}$ (максимальные скорости лимитируются параметрами электропечи);
- отклонение скорости нагрева электропечи от заданной постоянной величины не более 5% в диапазоне $0,1 + 5 \text{ К/мин}$ и не более 10% в других диапазонах развертки;

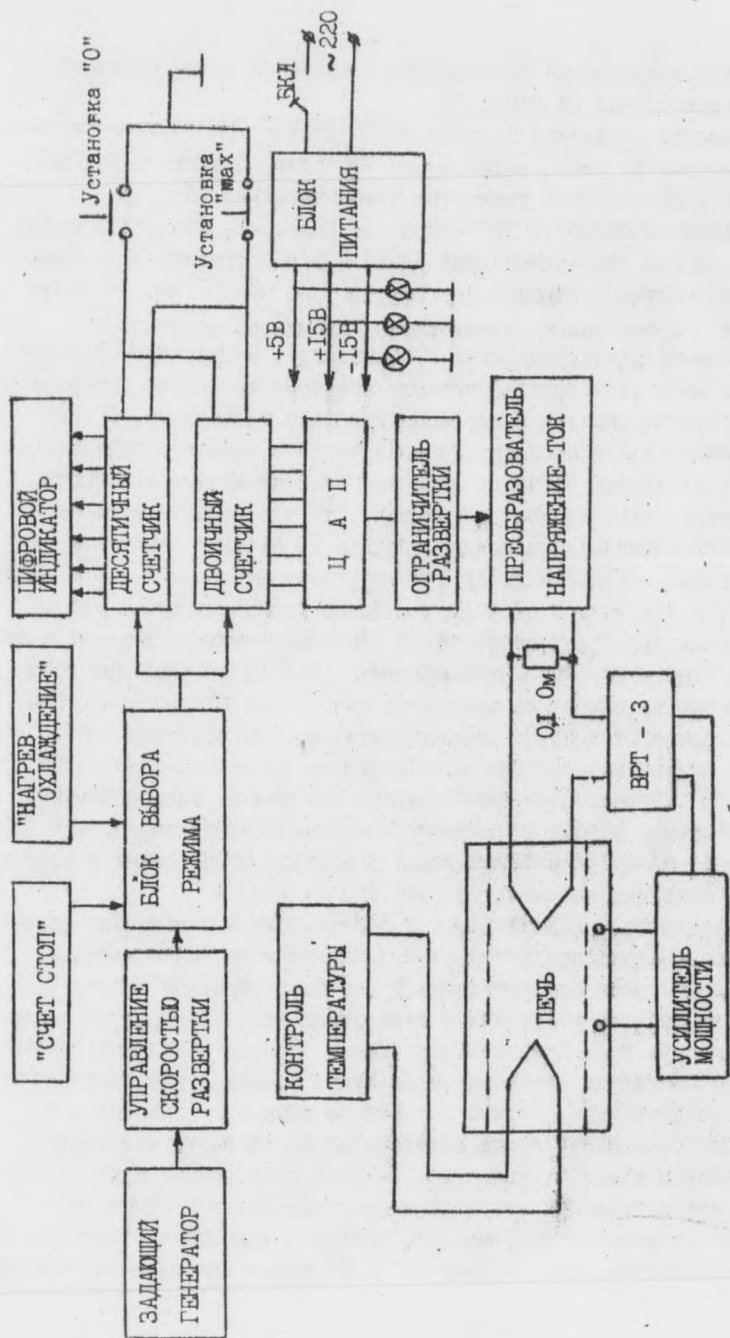


Рис. 1. Структурная схема терморегулятора с линейной разверткой температуры

- точность поддержания температуры в заданной точке рабочего объема электропечи не менее 1%;
- возможность остановки подъема или снижения температуры электронным блоком на любом заданном ее значении, а также поддержание этой температуры с точностью приблизительно 1%;
- потребляемая мощность ЭРУ - 200 Вт, размеры - 400 x 300 x 300.

С помощью описанного выше блока методом твердофазного синтеза были получены образцы системы $Y-Ba-Cu-O$ из соответствующих карбонатов и изготовлены пленки на их основе.

Основной характеристикой ВТСП наряду с температурной зависимостью магнитной восприимчивости является его вольт-амперная характеристика, снятая в широком интервале температур, а также зависимость величины плотности критического тока от температуры. Если для пленочных образцов ВТСП возможно измерение плотности критического тока на постоянном токе, то для массивных образцов с большими критическими токами (больше 10 А) такие измерения уже представляют трудности вследствие передачи тепла от токопроводящих проводов к образцу. В этом случае более удобно измерять критические токи при пропускании через образец импульсов длительностью порядка 1 мс и большой скважностью. Нагрев образца при этом существенно не влияет на результат измерения. Обычно такие импульсы формируются путем разряда батареи конденсаторов через катушку индуктивности. При этом импульсы имеют колокообразную форму [5]. В рассматриваемой работе был создан универсальный источник тока, дающий в нагрузку постоянный стабильный ток в диапазоне 10 мА + 1 А и формирующий в образце ВТСП-керамики импульсы тока в диапазоне амплитуд тока 100 мА + 20 А.

В качестве исходной схемы в работе была использована обычная схема последовательного стабилизатора тока, использующая известное опорное сопротивление $R_{оп}$ в цепи обратной связи.

Если на вход усилителя в цепи отрицательной обратной связи стабилизатора тока подавать импульсное опорное напряжение определенной амплитуды, то в нагрузке будут сформированы импульсы тока в соответствии с принципом работы обычного стабилизатора тока. Для совмещения обоих режимов работы на входе усилителя установлен последовательно-параллельный электронный ключ, управляемый прямоугольными импульсами со скважностью порядка 1000. В режиме импульсов тока выделено четыре поддиапазона, перекрывающих изменение тока от 0 до 20 А. Величина задаваемого стабиль-

ного тока, а следовательно, и амплитуды импульсного тока определяется по стрелочному прибору класса 0,5, установленному на лицевой панели электронного блока.

В качестве аналогового электронного ключа использован ключ на микросхеме К249КН1А. Он управляется либо постоянным напряжением, либо от электронной схемы, формирующей импульсы заданной длительности и скважности. Обычно длительность импульса равна приблизительно 1 мс, частота следования — 1 с.

В качестве усилителя постоянного тока в стабилизаторе тока и преобразователе показывающего прибора использован операционный усилитель К14089Д1. Генератор импульсов и управляющие схемы выполнены на микросхемах 155 серии.

На установке, собранной студентами в процессе научно-исследовательской работы, были измерены вольт-амперные характеристики синтезированных образцов, которые приведены на рис.2. Критическая плотность тока для пленки при 77К составляет приблизительно 120 А/см², а для массивного образца — 64 А/см².

Подведя итоги, можно сказать, что в процессе научно-исследовательской работы у студентов были сформированы следующие интеллектуальные умения и экспериментальные навыки:

- 1) умение пользоваться научной и справочной литературой;
- 2) умение разрабатывать методики проведения, организации и постановки научного эксперимента;
- 3) умение разрабатывать электронную схему, печатные платы, их травление, монтаж, пайки;
- 4) умение синтезировать новые материалы, изучать их свойства;
- 5) умение делать практические выводы из накопленного материала;
- 6) умение пользоваться сверлильным станком, слесарным инструментом, экономно расходовать материалы и др.

Таким образом, активное участие студентов в научно-исследовательских работах имеет важное значение для развития у них физического мышления, формирования обобщенных умений и навыков, необходимых в их будущей инженерно-педагогической деятельности, способствует усилению политехнической направленности обучения в вузе. Немаловажным является то, что данная установка и описанные выше методики успешно применяются в одной из лабораторий института УНИХИМ.

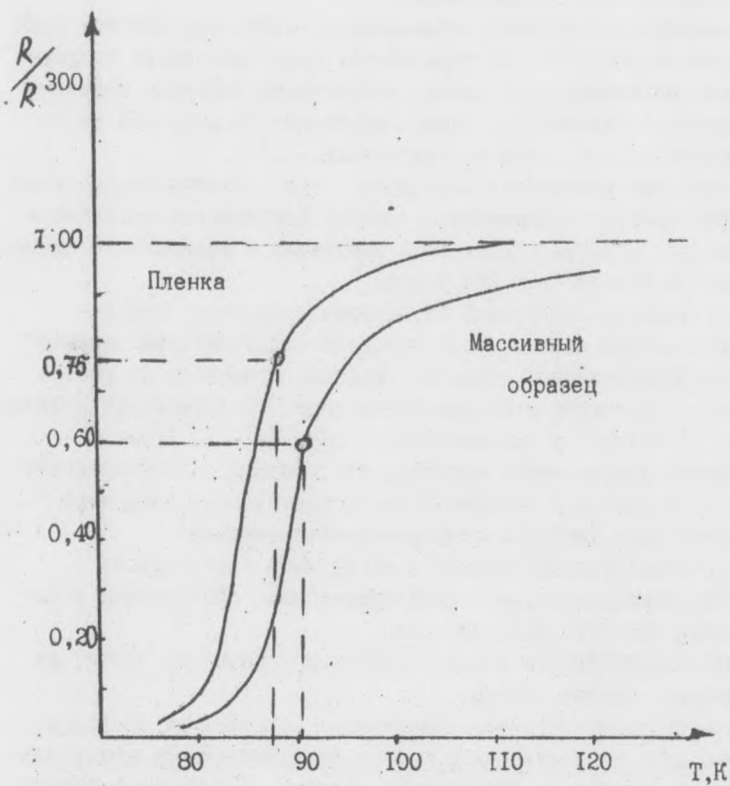


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с добавкой CoI %

Описанные в нашей работе подходы к научно-исследовательской работе студентов могут быть с успехом применены в дальнейшем ее совершенствовании.

Литература

1. Использование физического эксперимента и ЭВМ в учебном процессе: Сб. науч. тр./Свердл. пед. ин-т. Свердловск, 1987. 112 с.
2. Методические рекомендации для студентов-физиков пединститута по овладению профессионально-методическими умениями/ Сост. Усова А.В., Вологодская З.А., Завьялов В.В.; Челяб. пед. ин-т. Челябинск, 1978. 16 с.
3. *Bednorz J. G., Muller K. H. - Z. Phys. B. - Condensed matter. 1986, 64 pp. 189-193.*
4. Аузеф П. и др. Автоматизация измерений сопротивления ВТСП// Приборы для научных исследований. 1989. № 3. С. 241-242.
5. Измерение плотности критического тока в массивных высокотемпературных сверхпроводниках в импульсном режиме// Физика низких температур. 1989. № 10. Т. 15. С. 1088-1091.

Е.П. Набережная, П.П. Зольников
Свердловский инженерно-педагогический институт

Методики проведения экспериментов по радиометрии окружающей среды и расчета активности проб по гамма-излучению

Одной из проблем физических факультетов вузов является практическая подготовка студентов, прежде всего формирование у них экспериментаторских умений и навыков, передача им методических средств проведения экспериментов. Большую роль здесь играют лабораторные и практические занятия. Модернизации лабораторного практикума посвящено большое количество работ [1-4]. Интерес представляет модернизация не только практикума по общей физике, но и по таким смежным дисциплинам, как "Дозиметрия и защита", "Взаимодействие излучения с веществом" и др., имею-